

SWU Engineering Journal (2011) 6(2), 20-33

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม พ.ศ.2554

การดัดแปลงกระบวนการแยกอากาศเป็นกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว

Modification of Air Separation Process to Liquefied Natural Gas Process

เสาวลักษณ์ ธนะภาชน์ เดชา ฉัตรศิริเวช

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร 0-2218-6882 โทรสาร 0-2218-6877

E-mail: tsaowaluk@hotmail.com, deacha.c@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาระบวนการแยกอากาศและกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว เนื่องจากทั้งสองกระบวนการผลิตมีการใช้เทคโนโลยีในการผลิตที่คล้ายคลึงกันและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากทั้งสองกระบวนการผลิตมีสถานะที่เรียกว่า ความเป็นยิ่งยวด (Cryogenic) จึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาการนำอุปกรณ์บางส่วนจากกระบวนการแยกอากาศนำมาดัดแปลงใช้กับกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว โดยจะทำการศึกษาเปรียบเทียบสถานะของทั้งสองกระบวนการโดยใช้โปรแกรม PRO II ในการสร้างแบบจำลองและใช้แบบจำลองดังกล่าวในการเลือกอุปกรณ์บางส่วนของกระบวนการแยกอากาศมาดัดแปลงใช้กับกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว ซึ่งจากผลการเปรียบเทียบสถานะของทั้งสองกระบวนการพบว่าในส่วนของผู้กรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate – Fin Heat Exchanger) มีสถานะที่คล้ายคลึงกัน และเมื่อนำค่าพลังงานความร้อน (Duty) 28.89 เมกกะจูล/ชั่วโมง ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นจากกระบวนการแยกอากาศ นำมาดัดแปลงใช้งานกับกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว พบว่าก๊าซธรรมชาติจากแหล่งตะวันตกของประเทศพม่า ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์แอลเอินจี (Productivity) มากที่สุดคือ 23,851.2 กิโลกรัม/ชั่วโมง และใช้ปริมาณพลังงานที่ผลิต (Power Consumption) ของการทำความเย็นต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอินจิน้อยที่สุดคือ 1,204.4 กิโลจูล/กิโลกรัมแอลเอินจี และการดำเนินงานที่ความดันต่ำที่สุดจะทำให้ใช้ปริมาณพลังงานของการทำความเย็นที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอินจีสูงที่สุด

คำสำคัญ: กระบวนการแยกอากาศ กระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว

ABSTRACT

This research aims to study air separation process and liquefied natural gas (LNG) production. These processes were operated similarly under cryogenic conditions; therefore. This is motivation to study replacing some equipments in the LNG production process with equipment in the air separation process. To compare process conditions and choosing suitable equipments of the air separation process. PRO II process simulator was used to model in both air separation and LNG production processes. The results revealed that the plate-fin heat exchanger with a duty of 28.89×10^6 kJ/h of the air separation process could be adopted for the LNG production processes. The maximum production rate of the process from the Western of Myanmar reached 23,851.2 kg/h. While the minimum power consumption of the refrigeration unit for the LNG production was 1,204.4 kJ/kg LNG. In addition, the LNG production at the lowest pressure of the natural gas required the refrigeration duty with the maximum power consumption per unit mass LNG produced.

Keyword: air separation process, liquefied natural gas process

1. บทนำ

ปัจจุบันพลังงานจากก๊าซธรรมชาติมีบทบาทมากขึ้น โดยเป็นแนวทางหนึ่งในการลดการใช้พลังงานจากน้ำมันและเป็นพลังงานอีกทางเลือกหนึ่งที่ประเทศไทยเลือกใช้ ซึ่งที่ผ่านมามีการใช้ประโยชน์จากก๊าซธรรมชาติไม่มากเท่าที่ควร เนื่องจากมีความยุ่งยากในการขนส่งก๊าซธรรมชาติ โดยต้องลงทุนจำนวนมากในการก่อสร้างท่อส่งก๊าซ ดังนั้นหากแหล่งสำรองก๊าซธรรมชาติตั้งอยู่ห่างจากแหล่งที่ต้องการใช้เป็นพลังงานแล้ว ก็จะไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์ จากแหล่งก๊าซธรรมชาตินั้นๆ เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากในการก่อสร้างท่อส่งก๊าซ ต่อมาได้มีนวัตกรรมใหม่โดยการขนส่งก๊าซธรรมชาติในรูปของเหลว (Liquefied Natural Gas; LNG) โดยเริ่มจากการลดอุณหภูมิของก๊าซธรรมชาติลงเหลือ -162 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 1 บรรยากาศ เพื่อเปลี่ยนสภาพก๊าซมาอยู่ในรูปของเหลวเพื่อให้ง่ายต่อการขนส่ง เนื่องจากจะมีปริมาตรลดลงเหลือเพียงไม่ถึง 1 ใน 600 ของสภาพเป็นก๊าซเท่านั้น [1] ดังนั้นจึงต้องมีการนำเทคโนโลยีการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว มาใช้ในการเปลี่ยนสถานะของก๊าซธรรมชาติเป็นสถานะในรูปของเหลว ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะขนส่งไปใช้ในสถานที่ที่ท่อส่งก๊าซยังไม่ถึง

การนำเทคโนโลยีการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลวมาใช้จำเป็นต้องมีต้นทุนในการผลิต จึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาการนำเครื่องจักรและอุปกรณ์บางส่วนจากโรงงานแยกอากาศนำมาดัดแปลงใช้กับกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว ทั้งนี้ทั้งนั้นในประเทศไทยมีโรงงานแยกอากาศที่ปิดตัวลงและปล่อยทิ้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ให้รกร้างไม่เกิดประโยชน์ ซึ่งมีเครื่องจักรและอุปกรณ์บางส่วนยังสามารถนำมาดัดแปลงใช้ในกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลวได้ และได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณผลิตภัณฑ์ก๊าซธรรมชาติเหลวที่ผลิตได้ต่อค่าพลังงานที่ใช้ทั้งหมด โดยทำการศึกษาจากแหล่งก๊าซธรรมชาติทั้งหมด 6 แหล่ง ซึ่งแต่ละแหล่งมีองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติในอัตราส่วนที่แตกต่างกันตามแหล่งที่ขุดพบ แหล่งที่ 1 คือแหล่งตะวันออกจากแหล่งอ่าวไทยและมีโรงแยก

ก๊าซที่ระยอง แหล่งที่ 2 คือแหล่งตะวันตกจากประเทศเมียนมา แหล่งที่ 3 คือแหล่งทางภาคใต้จากชนอมในจังหวัดนครศรีธรรมราช แหล่งที่ 4 คือแหล่งทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากแหล่งน้ำพอง แหล่งที่ 5 คือแหล่งทางภาคเหนือจากแหล่งน้ำมันสิริกิติ์ในจังหวัดกำแพงเพชร [10] และแหล่งที่ 6 คือแหล่งจากโรงแยกก๊าซธรรมชาติที่ 5 ที่เป็น sale gas [6]

2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การศึกษากระบวนการแยกอากาศและกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลวโดยแบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนแรก การสร้างแบบจำลองกระบวนการแยกอากาศโดยใช้โปรแกรม PRO II ขั้นตอนที่สองการศึกษาสภาวะการดำเนินงานเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ขั้นตอนที่สาม การเลือกอุปกรณ์ที่มีสภาวะใกล้เคียงกันนำมาดัดแปลงใช้งาน ซึ่งมีรายละเอียดในการศึกษาดังแสดงต่อไปนี้

2.1 ขั้นตอนแรกการสร้างแบบจำลองกระบวนการแยกอากาศโดยใช้โปรแกรม PRO II

กำหนดสารป้อนและสภาวะของกระบวนการสารป้อนของกระบวนการแยกอากาศ คือ ไนโตรเจน ออกซิเจนและอาร์กอน ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของอากาศแห้ง [3] แสดงดังตารางที่ 1 และตัวแปรที่ใช้ในกระบวนการแยกอากาศเป็นค่าตัวแปรที่ใช้จากโรงงานแยกอากาศแสดงดังตารางที่ 2

ขอบเขตของแบบจำลองกระบวนการแยกอากาศ คือ ผลิตก๊าซไนโตรเจนที่มีก๊าซออกซิเจนปนเปื้อนน้อยกว่า 10 ppm และออกซิเจนเหลวที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า 99.5% และก๊าซอาร์กอนที่มีก๊าซไนโตรเจนปนเปื้อน 0.5-1% และมีก๊าซออกซิเจนปนเปื้อน 1-2%

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของอากาศป้อน

องค์ประกอบ	% โมล
ไนโตรเจน	78
ออกซิเจน	21
อาร์กอน	1

ตารางที่ 2 ตัวแปรของกระบวนการแยกอากาศ

ตัวแปร	ค่าสภาวะ
อัตราการไหล, กิโลโมล/ชั่วโมง	5500
อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส	25
ความดัน, บรรยากาศ	1

กำหนดสมการการคำนวณทางเทอร์โมไดนามิกส์เพื่อใช้คำนวณคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ คือ SRK (Soave-Redlich-Kwong) [4]

2.2 ขั้นตอนที่สองศึกษาสภาวะการดำเนินงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ

สภาวะการดำเนินการของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในแบบจำลองกระบวนการแยกอากาศได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

สำหรับคุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติที่นำมาศึกษาจะพิจารณาจากแหล่งก๊าซธรรมชาติ 6 แหล่ง ดังที่กล่าวข้างต้น โดยนำก๊าซธรรมชาติจากแหล่งต่างๆ มาแยกคาร์บอนไดออกไซด์ออก จะทำการศึกษาค่าความดันที่ 8, 6, 4 และ 2 บาร์เกจ และลดอุณหภูมิลงจาก 25 องศาเซลเซียส จนถึง -147 องศาเซลเซียส และมีสถานะเป็นของเหลวที่เรียกว่า ก๊าซธรรมชาติเหลว (Liquefied Natural Gas : LNG) ซึ่งเป็นสารที่มีความเย็นยิ่งยวด (Cryogenic) โดยใช้เทคโนโลยีการขยายตัว (Expansion-based Technologies) และเรียกกระบวนการนี้ว่า "Nitrogen Expansion Cycle" กระบวนการนี้เป็นกระบวนการใช้ไนโตรเจนเป็นสารทำความเย็นในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ได้ก๊าซธรรมชาติเหลวที่อุณหภูมิ -147 องศาเซลเซียส เหตุผลเพราะไนโตรเจนมีจุดเดือดต่ำกว่ามีเทน โดยใช้วงจรการเพิ่มความดันและการลดความดันของก๊าซไนโตรเจนซึ่งเป็นกระบวนการทำความเย็นหมุนเวียนภายในระบบ [7-9] แสดงดังรูปที่ 2

เทคโนโลยีการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลวสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มเทคโนโลยีหลักดังนี้ [9]

1) เทคโนโลยีผสมสารทำความเย็น (Mixed Refrigerant Technologies)

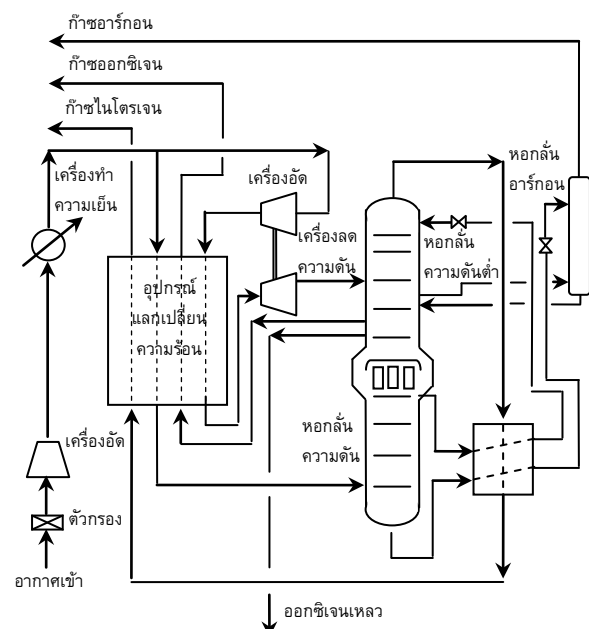
โดยใช้สารทำความเย็นในการควบแน่นกระบวนการให้มีสถานะเป็นของเหลวโดยใช้ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent Heat of Vaporization) ในการลดอุณหภูมิของก๊าซธรรมชาติลง

2) เทคโนโลยีการขยายตัว (Expansion-based Technologies)

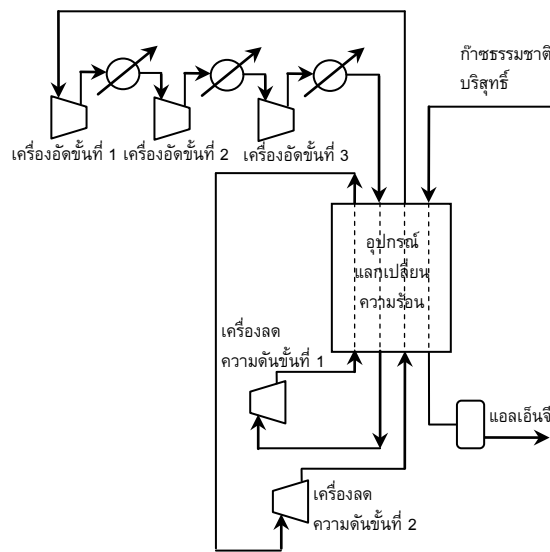
เป็นกระบวนการที่สารทำความเย็นจะอยู่ในสถานะของก๊าซเท่านั้น โดยใช้ความร้อนที่เหมาะสม (Sensible Heat) ในการลดอุณหภูมิของก๊าซธรรมชาติลง

2.3 ขั้นตอนที่สามการเลือกอุปกรณ์ที่มีสภาวะใกล้เคียงกันนำมาดัดแปลงใช้งานกับกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว

โดยเปรียบเทียบสภาวะการดำเนินงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีสภาวะใกล้เคียงกันเพื่อนำมาศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำมาดัดแปลงใช้กับกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว โดยพิจารณาจากค่าอุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหล กำลังของเครื่องจักร พลังงานความร้อน ชนิดของของไหลและวัสดุที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งสองกระบวนการ



รูปที่ 1 ผังแสดงกระบวนการผลิตอากาศ [4]



รูปที่ 2 ผังแสดงกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว

3. ผลการวิจัย

ที่สภาวะการดำเนินการของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนหลักมีสภาวะที่ใกล้เคียงกับกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลวจึงนำค่าพลังงานความร้อน (Duty) ที่ 28.89 เมกกะจูล/ชั่วโมง และกำหนดอัตราการไหลของสารทำความเย็นไนโตรเจนที่ใช้หมุนเวียนภายในระบบ 4306 กิโลโมล/ชั่วโมงใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนของกระบวนการแยกอากาศที่นำมาตัดแปลงใช้กระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว โดยการนำก๊าซธรรมชาติบริสุทธิ์มาลดอุณหภูมิลงเหลือ -147 องศาเซลเซียส โดยทำการศึกษาค่าความดันที่ 8, 6, 4 และ 2 บาร์เกจ เนื่องจากค่าการทนความดันของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นนั้น ที่ช่องแลกเปลี่ยนความร้อนของก๊าซธรรมชาติที่นำมาจากกระบวนการแยกอากาศสามารถดำเนินงานที่สูงสุดคือ 8 บาร์เกจ โดยทำการศึกษาจากแหล่งก๊าซธรรมชาติมีทั้งหมด 6 แหล่ง คือ แหล่งตะวันออก แหล่งตะวันตก แหล่งหนอง แหล่งน้ำพอง แหล่งสิริกิติ์ และ sale gas จากโรงแยกก๊าซธรรมชาติที่ 5 (GSP5)

3.1 แหล่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งตะวันออก

แหล่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งตะวันออก (2006-2009) แสดงดังตารางที่ 3 ก๊าซธรรมชาติจาก

แหล่งนี้พบว่ามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 13.55%โมล จึงต้องทำการแยกคาร์บอนไดออกไซด์ออก เหตุผลที่ต้องแยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากก๊าซธรรมชาติและนำก๊าซธรรมชาติในส่วนที่บริสุทธิ์มาพิจารณาเนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์มีจุดเยือกแข็ง (Freezing) อยู่ที่ -50 องศาเซลเซียส มีสภาวะเป็นน้ำแข็งแห้ง (Dry Ice) เมื่อนำก๊าซธรรมชาติจากแหล่งนั้นมาดำเนินการจริงทำให้เกิดการอุดตัน (Block) และทำให้เกิดสภาวะความดันเกิน (Over Pressure) ที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate-Fin Heat Exchangers) ซึ่งเป็นอันตรายขณะดำเนินการจริง อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนี้ทำจากวัสดุอลูมิเนียม (Aluminum) ที่อัดซ้อนกันหลายชั้นซึ่งแต่ละชั้นจะมีช่องว่างขนาดเล็กให้ก๊าซธรรมชาติบริสุทธิ์ (NG Pure) และไนโตรเจนไหลสลับกันในแต่ละช่องเพื่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างกัน

เมื่อนำองค์ประกอบต่างๆ ของก๊าซธรรมชาติในส่วนที่แยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกนำมาสร้าง Phase Envelope Curve โดยโปรแกรม PRO II เพื่อศึกษาหาพฤติกรรมของการเปลี่ยนสถานะจากก๊าซไปเป็นของเหลว และจากของเหลวไปเป็นก๊าซของของผสมตามองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติและจุดที่เหมาะสมในการเลือกผลิตก๊าซธรรมชาติเหลวแสดงดังรูปที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติจากแหล่งตะวันออก (2006-2009)

องค์ประกอบ	%โมล (จากแหล่ง ดั้งเดิม)	%โมล (แยกคาร์บอน ไดออกไซด์ออก)
มีเทน	75.80	87.55
อีเทน	5.70	6.58
โพรเพน	1.95	2.25
บิวเทน	0.75	0.87
เพนเทน	0.25	0.29
เฮกเซน	0.03	0.03
ไนโตรเจน	2.10	2.43
คาร์บอน ไดออกไซด์	13.55	0.00

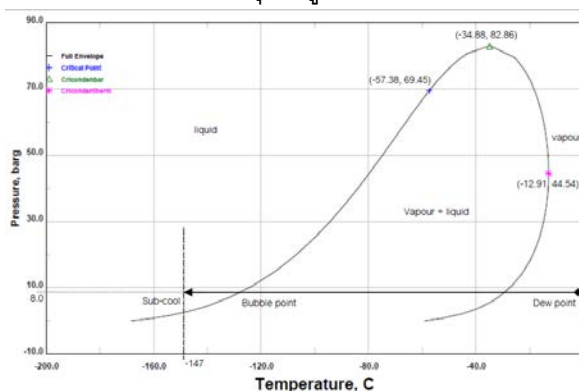
จากรูปที่ 3 เป็นแผนภาพที่แสดงถึงความสมดุลของภาค (Phase) แผนภาพสมดุลนี้เป็นเครื่องมือในการศึกษาคุณสมบัติของสสาร โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังต่อไปนี้ คืออุณหภูมิ (Temperature), ความดัน (Pressure), ส่วนผสม (Composition) และภาค (Phase) [11]

- อุณหภูมิ (Temperature) เป็นตัวแปรที่สำคัญมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสสารเช่น ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวหรือก๊าซเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพิ่มหรือลดลง จะทำให้สสารเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆไปซึ่งรวมทั้งภาคด้วย ดังนั้น ในการปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆของสสารมักจะใช้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นหลัก

- ความดัน (Pressure) เป็นตัวแปรที่มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสสารเช่น ทำให้เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวหรือก๊าซเช่นเดียวกับอุณหภูมิทุกประการ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงความดันของสสารที่อุณหภูมิคงที่ จะเกิดการเปลี่ยนแปลง เทียบได้กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสารที่ความดันคงที่

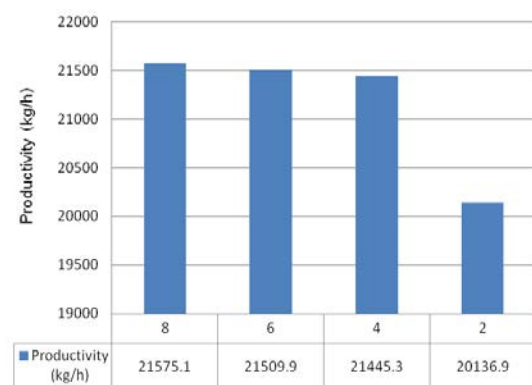
- ส่วนผสม (Composition) การที่สสารผสมกันในอัตราส่วนที่แตกต่างกันจะทำให้คุณสมบัติต่างๆ รวมทั้งภาคของสสารนั้นเปลี่ยนแปลงไปตามอัตราส่วนผสมนั้นเสมอ ดังนั้นการนำสสารมาใช้จำเป็นต้องทราบปริมาณและอัตราส่วนผสมต่างๆ เพื่อจะทราบถึงการใช้งานที่เหมาะสม

- ภาค (Phase) คือ บริเวณที่สสารมีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงภาคจึงขึ้นอยู่กับตัวแปร 3 ตัวแปร คือ อุณหภูมิ ความดัน และส่วนผสม



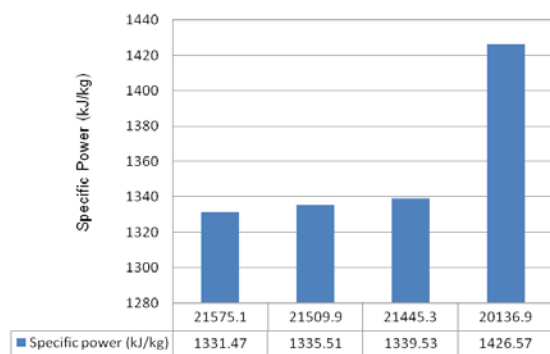
รูปที่ 3 Phase Envelope Curve ของก๊าซธรรมชาติจากแหล่งตะวันออกที่แยกคาร์บอนไดออกไซด์ออก

จากรูปที่ 3 Phase Envelope Curve ของก๊าซธรรมชาติจากแหล่งตะวันออก สามารถศึกษาพฤติกรรมได้ว่าการลดอุณหภูมิของก๊าซธรรมชาติลงจากสถานะก๊าซที่ 25 องศาเซลเซียส จากจุดน้ำค้าง (Dew Point) จนมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิ -147 องศาเซลเซียส เลยจุดเดือด (Bubble Point) และลดอุณหภูมิลงอีกจนถึงสภาวะที่เรียกว่า sub-cool liquid ที่ความดันที่ 4-8 บาร์เกจ เป็นสภาวะการดำเนินงานที่ห่างจากเส้นของเหลวอิ่มตัว (saturated liquid line) เพราะจะทำให้ของเหลวอยู่ในสภาวะที่กลายเป็นไอได้ยาก ส่วนการดำเนินงานที่ความดัน 2 บาร์เกจ เป็นสภาวะการดำเนินงานที่อยู่ต่ำกว่าเส้นของเหลวอิ่มตัว (saturated liquid line) คืออยู่ภายในโดมเป็นบริเวณของของผสมของเหลว-ไออิ่มตัว (saturated liquid vapor mixture region) จึงทำให้ก๊าซธรรมชาติเหลว (LNG) มีสถานะเป็นของเหลวเพียง 0.8878 สัดส่วนโดยโมล และมีสถานะเป็นก๊าซ 0.1122 สัดส่วนโดยโมล



รูปที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ความดัน 8, 6, 4 และ 2 บาร์เกจ ของก๊าซธรรมชาติแหล่งตะวันออก

จากรูปที่ 4 พบว่าการดำเนินงานความดัน 8 บาร์เกจ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แอลเอ็นจีที่มีปริมาณสูงที่สุดและในทางกลับกันการดำเนินงานที่ความดัน 2 บาร์เกจจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แอลเอ็นจีที่มีปริมาณต่ำที่สุด



รูปที่ 5 เปรียบเทียบพลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวล
ผลิตภัณฑ์แอลเอินจีที่ความดัน 8, 6, 4 และ 2
บาร์เกจ ของก๊าซธรรมชาติแหล่งตะวันออก

จากรูปที่ 5 พบว่าการดำเนินงานความดัน 8
บาร์เกจจะใช้พลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์
แอลเอินจีต่ำที่สุดและในทางกลับกันการดำเนินงานที่
ความดัน 2 บาร์เกจจะใช้พลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวล
ผลิตภัณฑ์แอลเอินจีสูงที่สุด

3.2 แหล่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งตะวันตก

แหล่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งตะวันตก
(2007) แสดงในตารางที่ 4 ก๊าซธรรมชาติจากแหล่งนี้
พบว่ามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 6.3%โมล จึงต้อง
ทำการแยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกด้วยเหตุผล
เช่นเดียวกับแหล่งก๊าซจากแหล่งตะวันออก

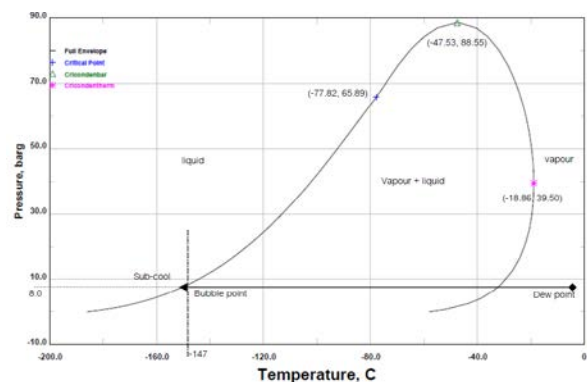
ตารางที่ 4 แสดงองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติจาก
แหล่งตะวันตก (2007)

องค์ประกอบ	%โมล (จากแหล่ง ดั้งเดิม)	%โมล (แยกคาร์บอน ไดออกไซด์ออก)
มีเทน	72.4	77.35
อีเทน	3.5	3.74
โพรเพน	1.06	1.13
บิวเทน	0.47	0.50
เพนเทน	0.1	0.11
เฮกเซน	0.07	0.07

ตารางที่ 4 แสดงองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติจาก
แหล่งตะวันตก (2007) (ต่อ)

องค์ประกอบ	%โมล (จากแหล่ง ดั้งเดิม)	%โมล (แยกคาร์บอน ไดออกไซด์ออก)
ไนโตรเจน	16.0	17.09
คาร์บอน ไดออกไซด์	6.3	0.00

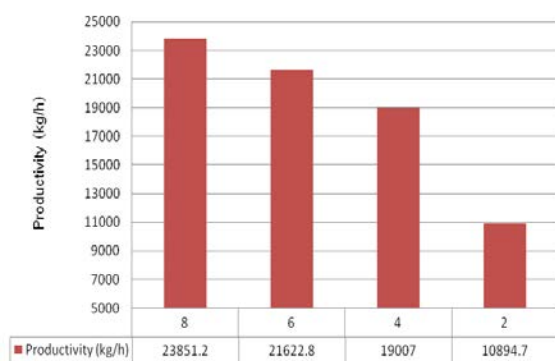
เมื่อนำองค์ประกอบต่างๆ ของก๊าซธรรมชาติ
ในส่วนที่แยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกนำมาสร้าง
Phase Envelope Curve โดยโปรแกรม PRO II เพื่อ
ศึกษาหาพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะจากก๊าซไปเป็น
ของเหลว และจากของเหลวไปเป็นก๊าซของของผสม
ตามองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติและจุดที่เหมาะสม
ในการเลือกผลิตก๊าซธรรมชาติเหลวแสดงดังรูปที่ 7



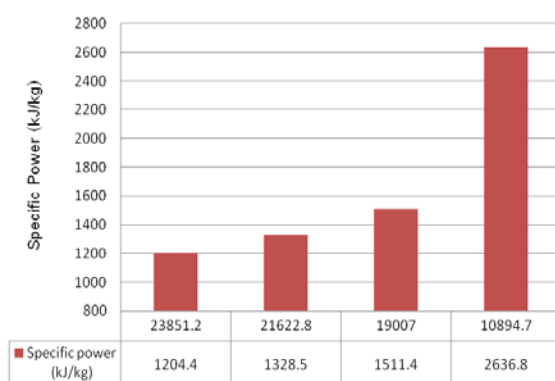
รูปที่ 7 Phase Envelope Curve ของก๊าซธรรมชาติ
จากแหล่งตะวันตก (2007)

จากรูปที่ 7 Phase Envelope Curve ของ
ก๊าซธรรมชาติจากแหล่งตะวันตก (2006-2009) ที่แยก
คาร์บอนไดออกไซด์ออกนั้นสามารถศึกษาพฤติกรรม
ได้ว่าการลดอุณหภูมิของก๊าซธรรมชาติลงจากสถานะ
ก๊าซที่ 25 องศาเซลเซียสจากจุดน้ำค้าง (Dew Point)
จนมีสถานะเป็นของเหลวอยู่ที่อุณหภูมิ -147 องศา
เซลเซียสเลยจุดเดือด (Bubble Point) และลดอุณหภูมิ
ลงอีกจนถึงสภาวะที่เรียกว่า sub-cool liquid ที่ความดัน
2-8 บาร์เกจ เป็นสภาวะการดำเนินงานที่อยู่ต่ำกว่าเส้น

ของเหลวอิ่มตัว (saturated liquid line) คือ อยู่ภายในโดมเป็นบริเวณของผสมของเหลว-ไออิ่มตัว (saturated liquid vapor mixture region) จึงทำให้ก๊าซธรรมชาติเหลว (LNG) มีสถานะเป็นของเหลวไม่ 100% เมื่อพิจารณาจาก Phase Envelope นั้นการดำเนินงานของแหล่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งตะวันตกนั้นจุดที่เหมาะสมที่ความดัน 8 บาร์เกจ นั้นต้องดำเนินงานที่อุณหภูมิ -160 องศาเซลเซียส จึงจะทำให้ได้ก๊าซธรรมชาติเหลว (LNG) มีสถานะเป็นของเหลวที่ 100% ซึ่งต้องใช้ค่าพลังงานความร้อน (Duty) ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่สูงกว่า 28.89 เมกกะกิโลจูล/ชั่วโมง



รูปที่ 8 เปรียบเทียบปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ความดัน 8, 6, 4 และ 2 บาร์เกจ ของก๊าซธรรมชาติแหล่งตะวันตก



รูปที่ 9 เปรียบเทียบพลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอินจีที่ความดัน 8, 6, 4 และ 2 บาร์เกจ ของก๊าซธรรมชาติแหล่งตะวันตก

จากรูปที่ 8 พบว่าการดำเนินงานความดัน 8 บาร์เกจ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แอลเอินจีที่มีปริมาณสูงสุดและในทางกลับกันการดำเนินงานที่ความดัน 2 บาร์เกจ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แอลเอินจีที่มีปริมาณต่ำที่สุด

จากรูปที่ 9 พบว่าการดำเนินงานความดัน 8 บาร์เกจ จะใช้พลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอินจีต่ำที่สุดและในทางกลับกันการดำเนินงานที่ความดัน 2 บาร์เกจ จะใช้พลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอินจีสูงที่สุด

3.3 แหล่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งขนอม

แหล่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งขนอม (2007) แสดงในตารางที่ 5 ก๊าซธรรมชาติจากแหล่งนี้พบว่ามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 21.1%โมล จึงต้องทำการแยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับแหล่งก๊าซจากแหล่งตะวันตก

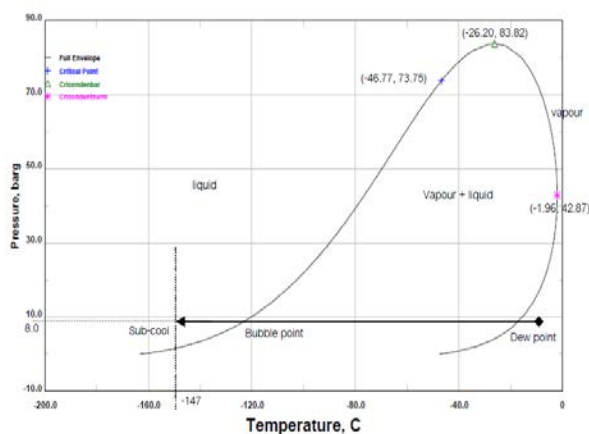
ตารางที่ 5 แสดงองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติจากแหล่งขนอม (2007)

องค์ประกอบ	%โมล (จากแหล่ง ดั้งเดิม)	%โมล (แยกคาร์บอน ไดออกไซด์ออก)
มีเทน	66.1	83.80
อีเทน	8.65	10.97
โพรเพน	2.93	3.71
บิวเทน	0.2	0.25
เพนเทน	0.12	0.15
เฮกเซน	0.15	0.20
ไนโตรเจน	0.73	0.93
คาร์บอน ไดออกไซด์	21.1	0.00

เมื่อนำองค์ประกอบต่างๆ ของก๊าซธรรมชาติในส่วนที่แยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกนำมาสร้าง Phase Envelope Curve โดยโปรแกรม PRO II เพื่อศึกษาหาพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะจากก๊าซไปเป็น

ของเหลว และจากของเหลวไปเป็นก๊าซของของผสมตามองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติและจุดที่เหมาะสมในการเลือกผลิตก๊าซธรรมชาติเหลวแสดงดังรูปที่ 10

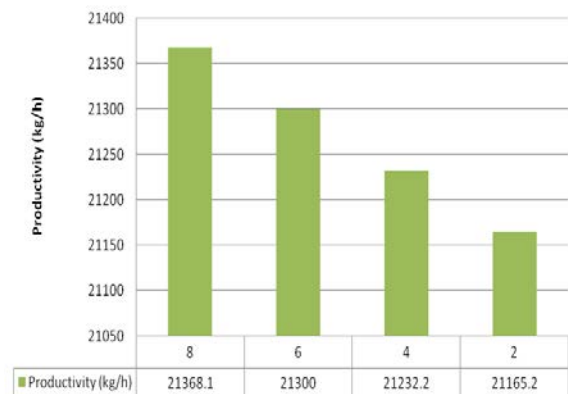
จากรูปที่ 10 Phase Envelope Curve ของแหล่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งขนอม (2007) ที่แยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกนั้นสามารถศึกษาพฤติกรรมได้ว่าการลดอุณหภูมิของก๊าซธรรมชาติลงจากสถานะก๊าซที่ 25 องศาเซลเซียสจากจุดน้ำค้าง (Dew Point) จนมีสถานะเป็นของเหลวอยู่ที่อุณหภูมิ -147 องศาเซลเซียสเลยจุดเดือด (Bubble Point) และลดอุณหภูมิลงอีกจนถึงสภาวะที่เรียกว่า sub-cool liquid ที่ความดันที่ 2-8 บาร์เกจ เป็นสภาวะการดำเนินงานที่ห่างจากเส้นของเหลวอิ่มตัว (saturated liquid line) เพราะจะทำให้ของเหลวอยู่ในสภาวะที่กลายเป็นไอดียากและไม่มีสภาวะการดำเนินงานที่อยู่ต่ำกว่าเส้นของเหลวอิ่มตัว (saturated liquid line) คือ อยู่ภายในโดมเป็นบริเวณของของผสมของเหลว-ไอดีอิ่มตัว (saturated liquid vapor mixture region) จึงทำให้การดำเนินงานที่ความดัน 2-8 บาร์เกจ มีสถานะเป็นของเหลว 100%



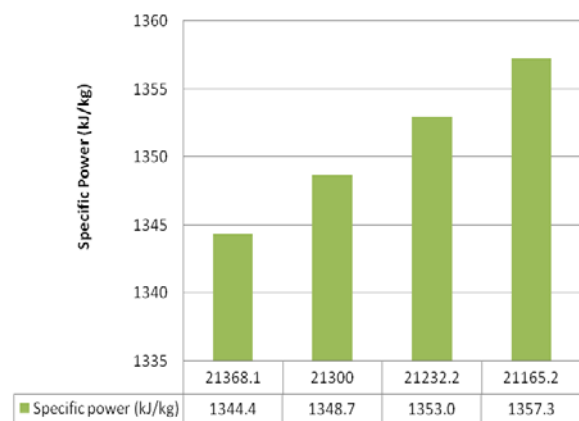
รูปที่ 10 Phase Envelope Curve ของก๊าซธรรมชาติจากแหล่งขนอม (2007)

จากรูปที่ 11 พบว่าการดำเนินงานที่ความดัน 8 บาร์เกจ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แอลเอ็นจีที่มีปริมาณสูงที่สุด และในทางกลับกันการดำเนินงานที่ความดัน 2 บาร์เกจ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แอลเอ็นจีที่มีปริมาณต่ำที่สุด

จากรูปที่ 12 พบว่าการดำเนินงานที่ความดัน 8 บาร์เกจจะใช้พลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอ็นจีต่ำที่สุดและในทางกลับกันการดำเนินงานที่ความดัน 2 บาร์เกจ จะใช้พลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอ็นจีสูงที่สุด



รูปที่ 11 เปรียบเทียบปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ความดัน 8, 6, 4 และ 2 บาร์เกจ ของก๊าซธรรมชาติแหล่งขนอม



รูปที่ 12 เปรียบเทียบพลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอ็นจีที่ความดัน 8, 6, 4 และ 2 บาร์เกจ ของก๊าซธรรมชาติแหล่งขนอม

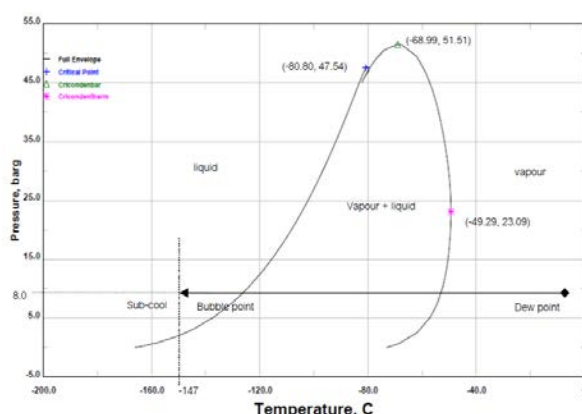
3.4 แหล่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งน้ำพอง

แหล่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งน้ำพอง (2007) แสดงในตารางที่ 6 ก๊าซธรรมชาติจากแหล่งนี้พบว่ามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ค่อนข้างต่ำ 2%โมล แต่ก็ต้องแยกคาร์บอนไดออกไซด์เช่นเดียวกับแหล่งอื่นๆ

ตารางที่ 6 แสดงองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติจากแหล่งน้ำฟอง (2007)

องค์ประกอบ	%โมล (จากแหล่ง ดั้งเดิม)	%โมล (แยกคาร์บอน ไดออกไซด์ออก)
มีเทน	95.5	97.4
อีเทน	0.6	0.61
โพรเพน	0.07	0.07
บิวเทน	0.06	0.06
เพนเทน	0.00	0.00
เฮกเซน	0.02	0.002
ไนโตรเจน	1.8	1.84
คาร์บอน ไดออกไซด์	2.0	0.00

เมื่อนำองค์ประกอบต่างๆของก๊าซธรรมชาติในส่วนที่แยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกนำมาสร้าง Phase Envelope Curve โดยโปรแกรม PRO II เพื่อศึกษาหาพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะจากก๊าซไปเป็นของเหลว และจากของเหลวไปเป็นก๊าซของของผสมตามองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติและจุดที่เหมาะสมในการเลือกผลิตก๊าซธรรมชาติเหลวแสดงดังรูปที่ 13



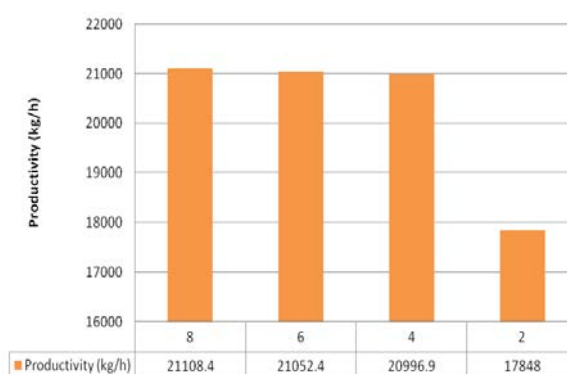
รูปที่ 13 Phase Envelope Curve ของก๊าซธรรมชาติจากแหล่งน้ำฟอง (2007)

จากรูปที่ 13 Phase Envelope Curve ของแหล่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งน้ำฟอง (2007) ที่แยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกนั้นสามารถศึกษาพฤติกรรมได้ว่าการลดอุณหภูมิของก๊าซธรรมชาติลงจากสถานะ

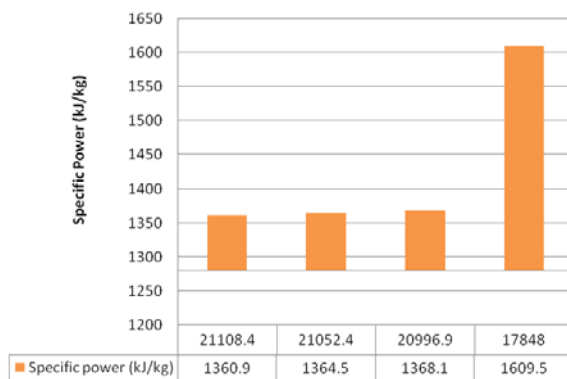
ก๊าซที่ 25 องศาเซลเซียสจากจุดน้ำค้าง (Dew Point) จนมีสถานะเป็นของเหลวอยู่ที่อุณหภูมิ -147 องศาเซลเซียสเลยจุดเดือด (Bubble Point) และลดอุณหภูมิลงอีกจนถึงสภาวะที่เรียกว่า sub-cool liquid ที่ความดันที่ 4 - 8 บาร์เกจ เป็นสภาวะการดำเนินงานที่ห่างจากเส้นของเหลวอิ่มตัว (saturated liquid line) เพราะจะทำให้ของเหลวอยู่ในสภาวะที่กลายเป็นไอดียาก ส่วนการดำเนินงานที่ความดัน 2 บาร์เกจ เป็นสภาวะการดำเนินงานที่อยู่ต่ำกว่าเส้นของเหลวอิ่มตัว (saturated liquid line) คืออยู่ในส่วนบริเวณที่อยู่ภายในโดมเป็นบริเวณของของผสมของเหลว-ไออิ่มตัว (saturated liquid vapor mixture region) จึงทำให้ก๊าซธรรมชาติเหลว (LNG) มีสถานะเป็นของเหลวเพียง 0.7313 สัดส่วนโดยโมล และมีสถานะเป็นก๊าซ 0.2687 สัดส่วนโดยโมล

จากรูปที่ 14 พบว่าการดำเนินงานที่ความดัน 8 บาร์เกจ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แอลเอ็นจีที่มีปริมาณสูงที่สุดและในทางกลับกันการดำเนินงานที่ความดัน 2 บาร์เกจ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แอลเอ็นจีที่มีปริมาณต่ำที่สุด

จากรูปที่ 15 พบว่าการดำเนินงานความดัน 8 บาร์เกจ จะใช้พลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอ็นจีต่ำที่สุดและในทางกลับกันการดำเนินงานที่ความดัน 2 บาร์เกจ จะใช้พลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอ็นจีสูงที่สุด



รูปที่ 14 เปรียบเทียบปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ความดัน 8, 6, 4 และ 2 บาร์เกจ ของก๊าซธรรมชาติจากแหล่งน้ำฟอง



รูปที่ 15 เปรียบเทียบพลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวล
ผลิตภัณฑ์แอลเอเอ็นจีที่ความดัน 8, 6, 4 และ
2 บาร์เกจ ของก๊าซธรรมชาติแหล่งน้ำพอง

3.5 แหล่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งสิริกิติ์

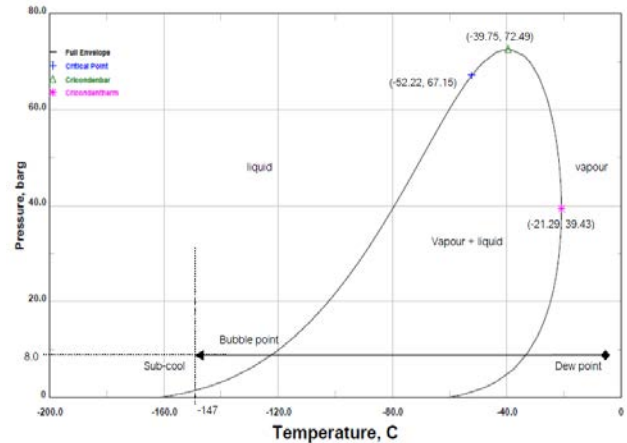
แหล่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งสิริกิติ์ (2007) แสดงในตารางที่ 7 ก๊าซธรรมชาติจากแหล่งนี้ พบว่ามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ค่อนข้างต่ำ 1%โมล แต่ก็ต้องแยกคาร์บอนไดออกไซด์เช่นเดียวกับแหล่งอื่นๆ

ตารางที่ 7 แสดงองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติจากแหล่งสิริกิติ์ (2007)

องค์ประกอบ	%โมล (จากแหล่ง ดั้งเดิม)	%โมล (แยกคาร์บอน ไดออกไซด์ออก)
มีเทน	85.05	85.92
อีเทน	11.3	11.42
โพรเพน	1.6	1.59
บิวเทน	0.36	0.36
เพนเทน	0.10	0.11
เฮกเซน	0.05	0.05
ไนโตรเจน	0.55	0.56
คาร์บอน ไดออกไซด์	1.0	0.00

เมื่อนำองค์ประกอบต่างๆ ของก๊าซธรรมชาติในส่วนที่แยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาสราง Phase Envelope Curve โดยโปรแกรม PRO II เพื่อศึกษาหาพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะจากก๊าซไปเป็น

ของเหลว และจากของเหลวไปเป็นก๊าซของของผสมตามองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติและจุดที่เหมาะสมในการเลือกผลิตก๊าซธรรมชาติเหลวแสดงดังรูปที่ 16

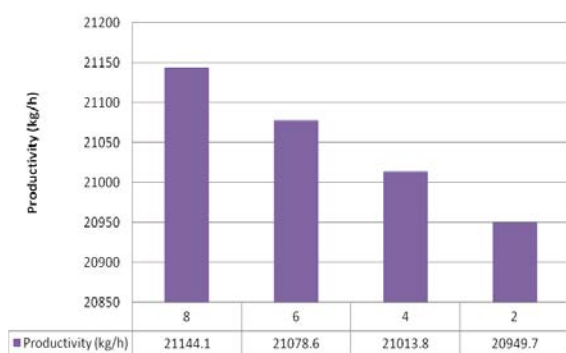


รูปที่ 16 Phase Envelope Curve ของก๊าซธรรมชาติ
จากแหล่งสิริกิติ์

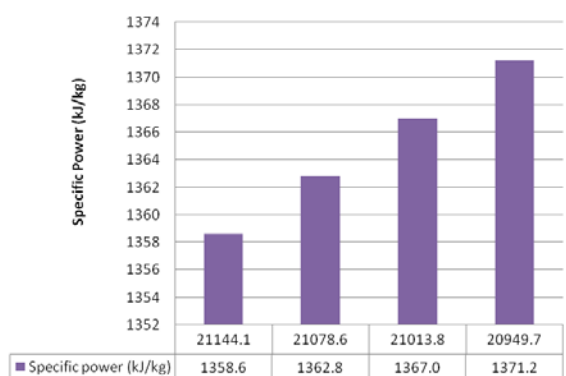
จากรูปที่ 16 Phase Envelope Curve ของแหล่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งสิริกิติ์ (2007) ที่แยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกนั้นสามารถศึกษาพฤติกรรมได้ว่าการลดอุณหภูมิของก๊าซธรรมชาติลงจากสถานะก๊าซที่ 25 องศาเซลเซียสจากจุดน้ำค้าง (Dew Point) จนมีสถานะเป็นของเหลวอยู่ที่อุณหภูมิ -147 องศาเซลเซียสเลยจุดเดือด (Bubble Point) และลดอุณหภูมิลงอีกจนถึงสภาวะที่เรียกว่า sub-cool liquid ที่ความดันที่ 2-8 บาร์เกจ เป็นสภาวะการดำเนินงานที่ห่างจากเส้นของเหลวอิ่มตัว (saturated liquid line) เพราะจะทำให้ของเหลวอยู่ในสภาวะที่กลายเป็นไอน้ำได้ยากและไม่มีสภาวะการดำเนินงานที่อยู่ต่ำกว่าเส้นของเหลวอิ่มตัว (saturated liquid line) คือ อยู่ภายในโดมเป็นบริเวณของของผสมของเหลว-ไอน้ำอิ่มตัว (saturated liquid vapor mixture region) จึงทำให้การดำเนินงานที่ความดัน 2-8 บาร์เกจ มีสถานะเป็นของเหลว 100%

จากรูปที่ 17 พบว่าการดำเนินงานที่ความดัน 8 บาร์เกจ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แอลเอเอ็นจีที่มีปริมาณสูงที่สุดและในทางกลับกันการดำเนินงานที่ความดัน 2 บาร์เกจ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แอลเอเอ็นจีที่มีปริมาณต่ำที่สุด

จากรูปที่ 18 พบว่าการดำเนินงานที่ความดัน 8 บาร์เกจ จะใช้พลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอินจีต่ำที่สุดและในทางกลับกันการดำเนินงานที่ความดัน 2 บาร์เกจ จะใช้พลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอินจีสูงที่สุด



รูปที่ 17 เปรียบเทียบปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ความดัน 8, 6, 4 และ 2 บาร์เกจของก๊าซธรรมชาติแหล่งสิริกิติ์



รูปที่ 18 เปรียบเทียบพลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอินจีที่ความดัน 8, 6, 4 และ 2 บาร์เกจ ของก๊าซธรรมชาติแหล่งสิริกิติ์

3.6 แหล่งก๊าซธรรมชาติจาก Sale Gas ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติที่ 5 (GSP5)

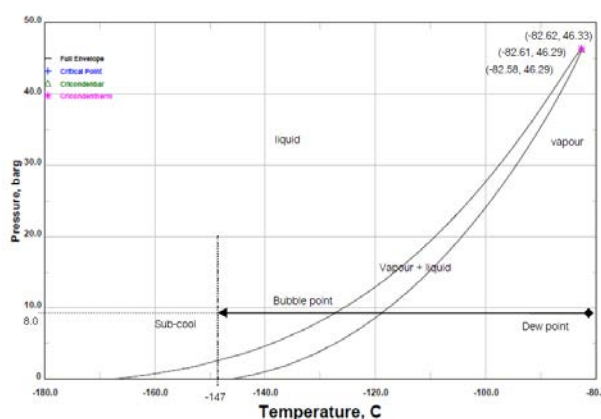
แหล่งก๊าซธรรมชาติจาก Sale Gas ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติที่ 5 (2010) ได้ใช้แหล่งก๊าซธรรมชาติที่ขนส่งโดยทางท่อ (Pipe Natural Gas) เรียกชื่อทางการตลาดว่า Sale Gas คือ ก๊าซธรรมชาติที่มีก๊าซมีเทนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นก๊าซธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (Purification) ซึ่งมีปริมาณมีเทนสูงถึง 97% โมล จึงทำให้ก๊าซธรรมชาติจากแหล่ง

นี้ไม่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปนเปื้อน ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 องค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติจาก Sale Gas ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติที่ 5 (2010)

องค์ประกอบ	%โมล (จากแหล่งดั้งเดิม)
มีเทน	97.00
อีเทน	0.479
โพรเพน	0.002
บิวเทน	0.00
เพนเทน	0.00
เฮกเซน	0.00
ไนโตรเจน	2.509
คาร์บอนไดออกไซด์	0.00

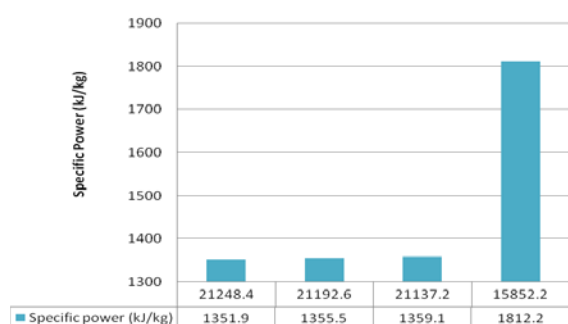
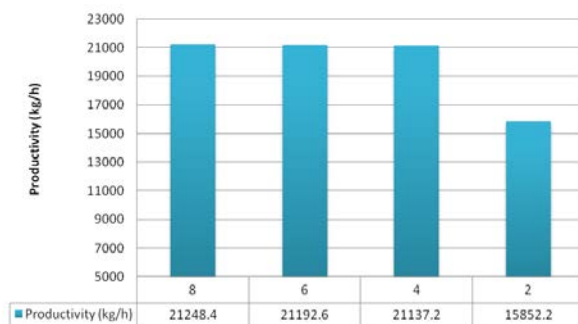
เมื่อนำองค์ประกอบต่างๆของก๊าซธรรมชาตินำมาสร้าง Phase Envelope Curve โดยโปรแกรม PRO II เพื่อศึกษาหาพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะจากก๊าซไปเป็นของเหลว และจากของเหลวไปเป็นก๊าซของของผสมตามองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติและจุดที่เหมาะสมในการเลือกผลิตก๊าซธรรมชาติเหลวแสดงดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 Phase Envelope Curve ของก๊าซธรรมชาติจาก Sale Gas ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติที่ 5 (2010)

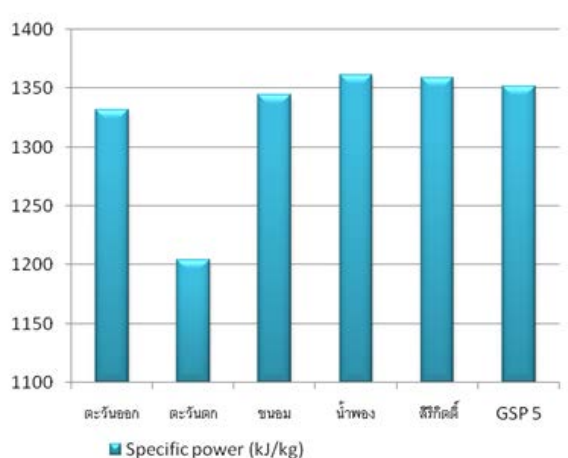
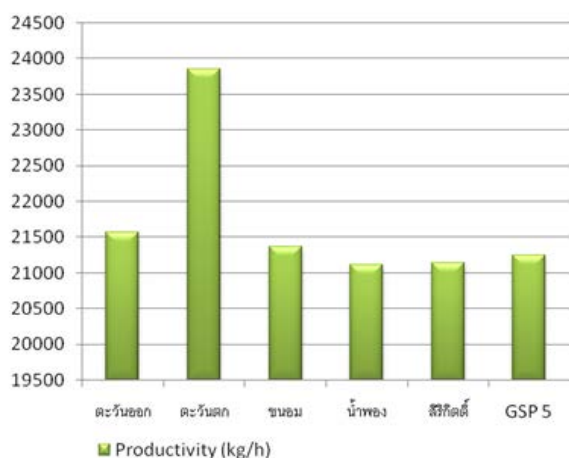
จากรูปที่ 19 Phase Envelope Curve ของก๊าซธรรมชาติจาก Sale Gas ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติที่ 5 (2010) ที่แยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกนั้นสามารถศึกษาพฤติกรรมได้ว่าการลดอุณหภูมิของก๊าซธรรมชาติลงจากสถานะก๊าซที่ 25 องศาเซลเซียสจากจุดน้ำค้าง (Dew Point) จนมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิ -147 องศาเซลเซียสเลยจุดเดือด (Bubble Point) และลดอุณหภูมิลงอีกจนถึงสภาวะที่เรียกว่า sub-cool liquid ที่ความดันที่ 4-8 บาร์เกจ เป็นสภาวะการดำเนินงานที่ห่างจากเส้นของเหลวอิ่มตัว (saturated liquid line) เพราะจะทำให้ของเหลวอยู่ในสภาวะที่กลายเป็นไอได้ยาก ส่วนการดำเนินงานที่ความดัน 2

บาร์เกจ เป็นสภาวะการดำเนินงานที่อยู่ต่ำกว่าเส้นของเหลวอิ่มตัว (saturated liquid line) คืออยู่ในส่วนบริเวณที่อยู่ภายในโดมเป็นบริเวณของของผสมของเหลว-ไออิ่มตัว (saturated liquid vapor mixture region) จึงทำให้ก๊าซธรรมชาติเหลว (LNG) มีสถานะเป็นของเหลวเพียง 0.5866 สัดส่วนโดยโมล และมีสถานะเป็นก๊าซ 0.4134 สัดส่วนโดยโมล จาก Phase Envelope จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติจากแหล่งนี้มีความบริสุทธิ์ค่อนข้างสูงจึงทำให้ส่วนที่เป็นโดมแคบจนเกือบเป็นสารบริสุทธิ์และที่การดำเนินงานที่ความดัน 8 บาร์เกจ อุณหภูมิ -130 องศาเซลเซียส ก็มีคุณสมบัติเป็นก๊าซธรรมชาติเหลว



รูปที่ 20 เปรียบเทียบปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ความดัน 8, 6, 4 และ 2 บาร์เกจ ของก๊าซธรรมชาติแหล่ง GSP5

รูปที่ 21 เปรียบเทียบพลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอเอ็นจีที่ความดัน 8, 6, 4 และ 2 บาร์เกจ ของก๊าซธรรมชาติแหล่ง GSP5



รูปที่ 22 ปริมาณผลิตภัณฑ์แอลเอเอ็นจีที่ผลิตได้ของก๊าซธรรมชาติแต่ละแหล่งที่ความดัน 8 บาร์เกจ

รูปที่ 23 ปริมาณพลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอเอ็นจีของก๊าซธรรมชาติแต่ละแหล่งที่ผลิตได้ที่ความดัน 8 บาร์เกจ

จากรูปที่ 20 พบว่าการดำเนินงานที่ความดัน 8 บาร์เกจ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แอลเอินจีที่มีปริมาณสูงที่สุดและในทางกลับกันการดำเนินงานที่ความดัน 2 บาร์เกจจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แอลเอินจีที่มีปริมาณต่ำที่สุด

จากรูปที่ 21 พบว่าการดำเนินงานที่ความดัน 8 บาร์เกจ จะใช้พลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอินจีต่ำที่สุดและในทางกลับกันการดำเนินงานที่ความดัน 2 บาร์เกจ จะใช้พลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอินจีสูงที่สุด

จากรูปที่ 22 พบว่าก๊าซธรรมชาติจากแหล่งตะวันตกใช้ปริมาณพลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอินจี

จากรูปที่ 22 และ 23 จะพบว่าก๊าซธรรมชาติจากแหล่งตะวันตกได้ปริมาณผลิตภัณฑ์แอลเอินจีมากที่สุดคือ 23,851.2 กิโลกรัม/ชั่วโมง และใช้ปริมาณพลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอินจิน้อยที่สุด 1,204.4 กิโลจูล/กิโลกรัมแอลเอินจี

จากแหล่งก๊าซธรรมชาติแต่ละแหล่ง พบว่าการดำเนินงานที่ความดัน 8 บาร์เกจซึ่งเป็นกระบวนการดำเนินงานที่ความดันสูงที่สุดในแบบจำลองนี้ จะให้ผลิตภัณฑ์ก๊าซธรรมชาติเหลวที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการดำเนินงานที่ความดัน 6, 4, 2 บาร์เกจ จึงนำปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้และค่าพลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอินจีของการดำเนินงานที่ความดัน 8 บาร์เกจ ของก๊าซธรรมชาติจากแหล่งต่างๆ สรุปไว้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงสรุปปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้และค่าพลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอินจีของการดำเนินงานที่ความดัน 8 บาร์เกจ ของก๊าซธรรมชาติจากแหล่งต่างๆ

แหล่งก๊าซ	ผลิตภัณฑ์ที่ได้ (Productivity), กิโลกรัม/ชั่วโมง	พลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลของแอลเอินจี (Specific Power), กิโลจูล/กิโลกรัม
ตะวันออก	21,575.1	1,331.5
ตะวันตก	23,851.2	1,204.4

ตารางที่ 9 แสดงสรุปปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้และค่าพลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอินจีของการดำเนินงานที่ความดัน 8 บาร์เกจ ของก๊าซธรรมชาติจากแหล่งต่างๆ (ต่อ)

แหล่งก๊าซ	ผลิตภัณฑ์ที่ได้ (Productivity), กิโลกรัม/ชั่วโมง	พลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลของแอลเอินจี (Specific Power), กิโลจูล/กิโลกรัม
ขนอม	21,368.1	1,344.4
น้ำพอง	21,108.4	1,360.9
สิริกิติ์	21,144.1	1,358.6
GSP5	21,248.4	1,351.9

4. วิจารณ์ผล

เนื่องจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นที่นำมาจากกระบวนการแยกอากาศนั้นมีข้อจำกัดในด้านค่าการออกแบบความดันที่มีสภาวะการดำเนินงานไม่เกิน 8 บาร์เกจ จึงส่งผลต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ก๊าซธรรมชาติเหลวที่ผลิตได้มีปริมาณไม่สูงเท่าที่ควร ซึ่งปริมาณผลิตภัณฑ์จะแปรผันตรงกับค่าความดันของการดำเนินงาน จากการพิจารณา Phase Envelope Curve ของก๊าซธรรมชาติแต่ละแหล่งพบว่าสามารถอัดความดันได้สูงกว่า 8 บาร์เกจ แต่ต้องไม่เกินจุดวิกฤต (Critical Point) จะทำให้สามารถได้ผลิตภัณฑ์ก๊าซธรรมชาติเหลวที่มีปริมาณสูงขึ้น

5. สรุป

1. จากแบบจำลองพบว่าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate-Fin Heat Exchanger) ของกระบวนการแยกอากาศ มีสภาวะการดำเนินงานที่ใกล้เคียงกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นของกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว

2. เมื่อนำค่าพลังงานความร้อน (Duty) 28.89 เมกะจูล/ชั่วโมง ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นจากกระบวนการแยกอากาศ นำมาดัดแปลงใช้งานกับกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว พบว่าก๊าซธรรมชาติจากแหล่งตะวันตกได้ปริมาณผลิตภัณฑ์

แอลเอ็นจี (Productivity) มากที่สุดคือ 23,851.2 กิโลกรัม/ชั่วโมง และใช้ปริมาณพลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอ็นจีน้อยที่สุด 1,204.4 กิโลจูล/กิโลกรัมแอลเอ็นจี

3. การดำเนินงานของกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลวพบว่าสารป้อนที่มีความดันสูงที่สุดจะให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สูงที่สุด

4. การดำเนินงานที่ความดันต่ำที่สุดจะใช้ปริมาณพลังงานที่ผลิตต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์แอลเอ็นจีสูงที่สุด

5. องค์ประกอบของแหล่งก๊าซธรรมชาติมีผลต่อปริมาณผลิตภัณฑ์แอลเอ็นจีที่ผลิตได้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Bengt Olav Neeraas, (2011, June.21). LNG, Fundamentale Prinsipp, <http://www.ipt.ntnu.no/>
- [2] Frank G. Kerry, Industrial Gas Handbook, Gas Separation and Purification, by Taylor & Francis Group, LLC, 2006
- [3] Klaus D. Timmerhaus, Thomas M. Flynn, Cryogenic Process Engineering, Plenum Press, New York, 1989
- [4] PRO/II Casebook, Air Separation Plant, 1993
- [5] โรงแยกก๊าซธรรมชาติโรงที่ 5, คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติ, 2550
- [6] Edited by Heinz-Wolfgang Haring, Translated by Christine Ahner, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Industrial Gas Processing, , 2008
- [7] Michael Barclay and Noel Denton, Foster Wheeler, Selecting offshore LNG process, Energy Limited, UK, LNG journal October 2005 page 34-36
- [8] LNG : The Expanding Horizons of Liquefaction Technology and Project Execution Strategies, August 2007

- [9] Dr Tariq Shukri, Foster Wheeler, UK, LNG technology selection, discusses available, LNG technologies and the important criteria for selection, Hydrocarbon Engineering February, 2004

- [10] ยอดพงษ์ ลอนนวล, สำเร็จ จักรใจ, สมชาย จันทร์ชานา, นุวงศ์ ชลคุป, การวิเคราะห์ส่วนประกอบที่แปรผันของก๊าซธรรมชาติสำหรับรถยนต์ที่ใช้ในประเทศไทย, การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3, (25 พฤษภาคม 2550)

- [11] คมสัน จิระภัทรศิลป์, Engineering Metallurgy 1. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา : http://www.pteonline.org/img-lib/staff/file/komson_000200 [2554, ตุลาคม 3]